

# THỰC TRẠNG CỦA NGÀNH CÔNG NGHIỆP HẠT NHÂN TOÀN CẦU

Mặc dù cuốn sách về *Hướng dẫn các mốc cần đạt cho các chương trình Điện hạt nhân quốc gia* được xuất bản năm 2015, nó vẫn ngày càng có tính thời sự khi toàn thế giới đang trong giai đoạn khẩn cấp “giải carbon” ngành năng lượng. Hội nghị khí hậu 2023 kêu gọi “Đẩy nhanh các công nghệ không phát thải hoặc phát thải thấp, trong số đó bao gồm năng lượng tái tạo, năng lượng hạt nhân, các công nghệ giảm thiểu hoặc khử carbon”. Sự góp mặt của hạt nhân như một công nghệ phát thải thấp mang tính lịch sử. Quan điểm này vẫn duy trì tới COP29 vào năm 2024 ở Baku, khi 31 quốc gia cùng hưởng ứng Tuyên bố tăng cấp ba công suất điện hạt nhân toàn cầu vào năm 2050.

**Minh-Hà Dương**

## CÔNG SUẤT HIỆN TẠI VÀ CÁC XU HƯỚNG THẾ HỆ LÒ MỚI

Theo cơ quan năng lượng quốc tế (IEA), tới năm 2050 tổng lượng điện sản xuất toàn cầu sẽ tăng hơn gấp đôi. Trong các kịch bản của cơ quan này, công suất đang hoạt động của điện hạt nhân trên toàn cầu vào cuối năm 2023 là 372 GW và kịch bản thấp nhất thì đến năm 2050 sẽ tăng khoảng 40% tới 514 GW. Trong kịch bản cao hơn, công suất vận hành dự kiến tăng 2.5 lần công suất hiện nay, đạt 950 GW vào năm 2050. Kịch bản này ước đoán các lò phản ứng nhỏ kiểu module sẽ chiếm 24% công suất tăng thêm trong kịch bản cao và 6% trong kịch bản thấp.

Điều đó đòi hỏi một cái nhìn cân bằng về thực tế hiện nay và các xu hướng trong tương lai của ngành công nghiệp này. Cuối năm 2023, tổng công suất là 365 GW. Đến giữa 2024, công suất này tăng nhẹ lên 367.3 GW, cho thấy mức tăng khiêm tốn. Con số này cũng chỉ ngang với mức kỉ lục cao nhất đạt được vào năm 2006. Về số lượng, năm 2024 đang có 416 lò phản ứng, trong khi đó con số này năm 2005 là tối đa 440 lò. Tuy vậy, vì tỉ lệ hiệu dụng cao, tổng lượng điện hạt nhân sản xuất ra đang trên đường

đạt những kỉ lục mới vào năm 2025, vượt xa những kỉ lục trước đó.

## THÁCH THỨC VỀ KINH TẾ VÀ QUÁ TRÌNH HỌC HỎI

Hạt nhân vẫn là một ngành công nghiệp đòi hỏi một lượng vốn cực lớn: thường là 8-10 tỉ USD cho một lò phản ứng lớn. Tính chính xác trong quá trình dự đoán chi phí và thi công là những yếu tố quan trọng làm yên lòng nhà đầu tư. Gần 2/3 tổng chi phí của mỗi megawat-giờ từ một nhà máy điện hạt nhân đều gắn liền với chi phí đầu tư và thi công. Với thời gian thi công khoảng sáu năm cho hầu hết các lò phản ứng lớn, chi phí xây dựng sẽ cực kì nhạy cảm với những biến động về lịch trình thi công và chi phí tài chính.

Kinh nghiệm của các quốc gia triển khai chương trình điện hạt nhân cho thấy kinh tế quy mô sẽ giảm chi phí (ND- kinh tế quy mô là thuật ngữ chỉ việc càng tăng quy mô sản xuất thì chi phí và giá thành trên một sản phẩm sẽ càng giảm)<sup>1</sup>. Cam kết cùng triển khai nhiều lò phản ứng sẽ chuyển đổi rủi ro của một dự án công nghệ vô tiền khoáng hậu (first of a kind risk – FOAK) và các thách thức đi kèm thành các cơ hội đầu tư để đạt được tiến độ thi công và ước lượng được chính xác hơn các chi phí. Những dự án lò phản ứng lớn đầu tiên sau một hoặc hai thập kỉ gián đoạn thường đòi hỏi chi phí

vốn khoảng 8000 – 11000 USD cho mỗi kilowatt (chưa kể các chi phí tài chính), hoặc hơn. Ví dụ, chi phí ước tính cho dự án EPR ở Flamanville, Pháp là 13 tỉ euro cho công suất 1650 MW, dẫn kết chi phí mỗi kW là 8667 USD. Việc khởi công bắt đầu vào năm 2007 và đến cuối năm 2024 công trình mới hoàn thành và lò phản ứng mới khởi động. Chi phí cho dự án EPR ở Anh, tại Hinkley Point C còn cao hơn.

Để tiện so sánh, các quốc gia không trải qua sự gián đoạn trong việc xây các dự án điện hạt nhân mới chỉ phải bỏ ra một số vốn khoảng 2500 – 5000/kW. Ví dụ, Trung Quốc đã chứng tỏ bản thân họ là một trong số những nhà xây dựng lò phản ứng hạt nhân có hiệu quả chi phí tốt nhất thế giới<sup>2</sup>. Hoàn thành 37 lò phản ứng chỉ trong vòng một thập kỷ qua với chi phí xây dựng trung bình khoảng 4000 USD, chỉ bằng một nửa giá của Mỹ. Trung Quốc thường mất trung bình khoảng sáu năm để hoàn thành một lò phản ứng, so với 10 năm của Mỹ và châu Âu. Một trong số các lí do cho điều này đó là Trung Quốc đã chuẩn hóa thiết kế lò phản ứng và tập trung xây nhiều đơn vị lò trên cùng một địa điểm, với 74% lò phản ứng được đặt ở các nhà máy điện có bốn lò hoặc hơn thế. Người ta có thể kiểm soát chi phí xây dựng nhà máy điện hạt nhân thông qua việc chuẩn hóa, xây một loạt lò cùng lúc và quản trị dự án hiệu quả.

## NHỮNG PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ

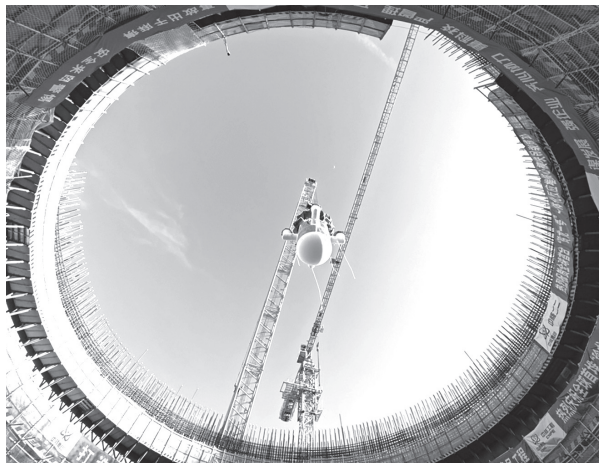
Hàng chục startup quảng bá lò phản ứng nhỏ kiểu module (SMRs) như một giải pháp cho những thách thức phức tạp và tốn kém của các nhà máy điện hạt nhân truyền thống. Họ đưa ra nhiều ích lợi: SMRs có thể “mua sắm tùy chọn” để giảm chi phí, đơn giản hóa các quá trình cấp phép, cho phép dự báo được các chi phí, và tạo điều kiện để tăng thêm công suất từ từ nếu cần bởi mỗi module chỉ khoảng 300 MW. Những người cố vũ SMR còn tranh luận rằng các lò phản ứng này sẽ an toàn hơn, phù hợp với việc triển khai ở những khu vực có mật độ dân cư cao.

Nhưng, cuộc cách mạng được hứa hẹn này đang vấp phải nhiều trở ngại. Ở Mỹ, không có bất kỳ một SMR nào đang được thi công. Thiết kế SMART cho lò phản ứng công suất nhỏ của Hàn Quốc đã được nước này phê duyệt nhưng không nhận được bất kỳ đơn đặt hàng nào, trong khi đó SMR Roll-Royce của Anh vẫn đang chờ thẩm định pháp lý và kỳ vọng đến 2026 mới có kết quả. Trong khi SMR vẫn chỉ là bánh vẽ, các chuyên gia khí hậu cho rằng loại lò này rất khó để đóng vai trò đáng kể trong việc đáp ứng mục tiêu giảm phát thải cấp bách trong ngắn hạn như EU phải giảm 55% vào năm 2030.

Hai bước đi trong năm 2024 đã dội gáo nước lạnh vào lòng nhiệt thành quanh những hứa hẹn của SMR ở phương Tây. Đầu tiên là NuScale quyết định hủy dự án chủ chốt của mình với công suất 462 MW (với sáu lò công suất 77MW) ở Idaho, Mỹ, bất chấp việc được phê duyệt an toàn có điều kiện, sau khi chi phí đội lên 9.3 tỉ USD, dẫn đến giá điện cuối cùng lên tới 89USD/MWh, cao hơn so với ước tính trước đó vốn là 58USD/MWh. Sau đó, Công ty Điện lực EDF của Pháp

tuyên bố họ tạm ngưng việc phát triển dự án SMR mang tên Nuward và chuyển hướng dự án sang “một thiết kế dựa trên công nghệ xây lắp khối đã được kiểm chứng”.

Trong khi đó, ở Trường Giang, Hải Nam, Trung Quốc (cách phía Đông Hà Nội 460 km), việc xây dựng nhà máy Linglong I, còn được



Lắp đặt lõi module của một trong số các lò SMR ở Hải Nam, Trung Quốc, 18/8/2023. Đây sẽ là các SMR đầu tiên trên mặt đất. Ảnh: CNNC.

biết đến với cái tên SMR ACP100 thì đang trên đà vận hành thương mại hóa vào năm 2026. Phòng điều khiển chính được vận hành vào 5/2024. Đây là lò SMR đầu tiên của thế giới trên mặt đất, kể từ khi Akademik Lomonosov - một nhà máy điện hạt nhân trên một chiếc sà lan - có thể coi là một SMR nổi với hai lò phản ứng KLT-40S 35MW. Trong quá trình hoạt động kể từ năm 2020, nó đang cung cấp điện và sưởi ở Pevek, Chukotka, một khu vực phía gần cực Đông của Nga.

## CẠNH TRANH VỚI ĐIỆN TÁI TẠO

Điện hạt nhân đang đối mặt với cuộc cạnh tranh gay gắt từ các nguồn điện tái tạo. Lấy Trung Quốc là một ví dụ, tính đến năm 2024 là quốc gia duy nhất trên thế giới với một chương trình mở rộng điện hạt nhân đáng kể. Ở Trung Quốc, pin mặt trời cung cấp tổng lượng điện 578 TWh vào năm 2023, hơn 40% so với điện hạt nhân là 413 TWh. Tổng lượng điện sản xuất nhờ điện gió cũng lần

đầu tiên vượt điện hạt nhân vào năm 2012: trong năm 2023, điện gió sản xuất 877 TWh, hơn gấp đôi so với lượng điện hạt nhân. Tính thêm các năng lượng tái tạo không phải thủy điện, như biomass vào năng lượng gió và Mặt trời thì tổng lượng điện sẽ là 1643 TWh vào năm 2023, gấp bốn lần sản lượng điện hạt nhân.

Sự cạnh tranh từ các nguồn điện hạt nhân thậm chí còn khốc liệt hơn khi nhìn vào dữ liệu trên toàn thế giới. Vào năm 2023, điện gió và điện Mặt trời cộng lại đã cung cấp 13% lượng điện toàn cầu, vượt qua đóng góp của điện nguyên tử vào khoảng 9%. Sự chuyển đổi này là do chi phí giảm mạnh mẽ - gió và Mặt trời giờ đây là loại năng lượng mới rẻ nhất ở hầu hết các thị trường. Giá pin mặt trời quy mô tiện ích giảm khoảng 89% từ năm 2009 đến 2024, trong khi các dự án điện hạt nhân mới thường chứng kiến chi phí tăng lên. Các hệ thống lai kết hợp Mặt trời và lưu trữ đang càng trở nên cạnh tranh hơn không phải chỉ với các nhà máy điện hạt nhân mới xây mà thậm chí cả các nhà máy điện hạt nhân đang hoạt động và các nhà máy sử dụng năng lượng hóa thạch. Các phân tích ngành công nghiệp gợi ý rằng xu hướng này sẽ tái định hình toàn bộ bức tranh năng lượng, khi năng lượng tái tạo cộng với hệ thống lưu trữ sẽ càng ngày càng được dùng như phụ tải nên với giá thành thấp hơn so với các nguồn truyền thống. □

## Đình Phong dịch

### Tài liệu tham khảo:

- Morrison, A. *How to Build Low-Cost Nuclear: Lessons from the World*. <https://www.cis.org.au/publication/how-to-build-low-cost-nuclear-lessons-from-the-world/> (2024).
- Mycle, S. & Froggatt, A. *World Nuclear Industry Status Report 2024*. <https://www.worldnuclearreport.org/World-Nuclear-Industry-Status-Report-2024> (2024).